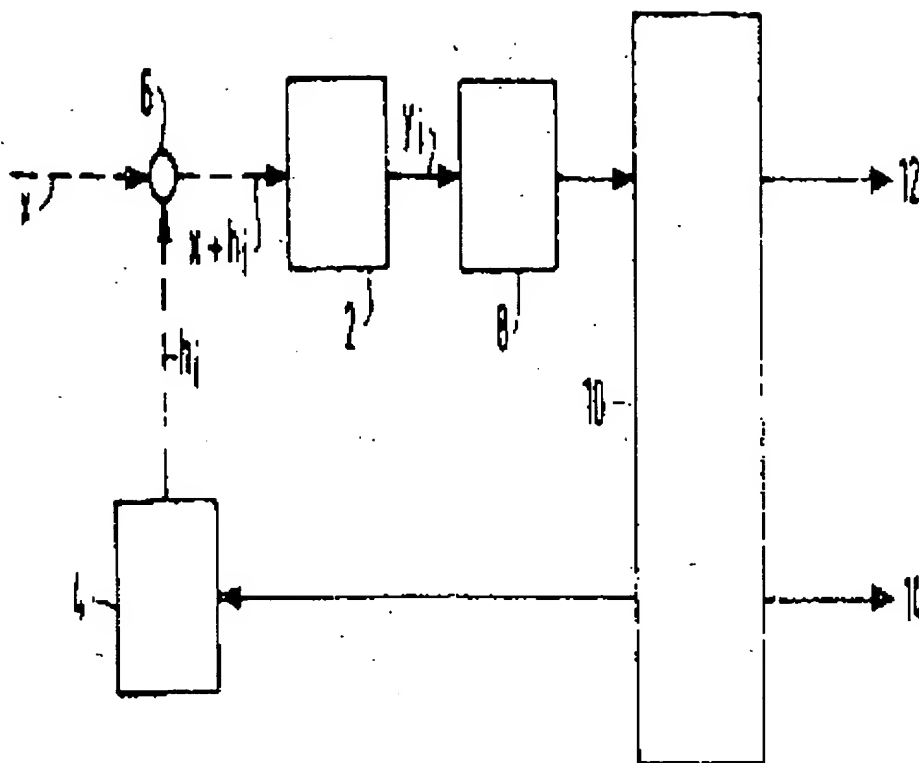


AN: PAT 1988-251246
TI: Self-monitoring physical parameter e.g. pressure or temp.
sensor evaluating measured signals provided by sensor for given
calibration values
PN: **DE3705900-A**
PD: 01.09.1988
AB: At least one measured signal corresponding to a given
calibration value is detected and stored for subsequent
evaluation. The calibration value is obtained by modulation of
the physical parameter at the input of the sensor (2) by a
given amount (Li). Pref. the sensor is operated in a measuring
range in which its characteristic is defined by a linear
function, with a symmetrical modulation of the measured
parameter (x) fed to the input of the sensor (2), by addition
of a positive or negative quantity (Li) the output (yi) from
the sensor (2) is in the form of an analogue voltage fed to the
evaluation and control circuit (10) via an A/D converter (8).;
PA: (SIEI) SIEMENS AG;
IN: BREIMESSER F;
FA: **DE3705900-A** 01.09.1988; US4896525-A 30.01.1990;
CO: DE; US;
IC: G01D-018/00; G01K-007/00; G01K-015/00; G01L-009/00;
G01L-027/00;
MC: S02-F04F; S02-K09; S03-B01X;
DC: S02; S03;
FN: 1988251246.gif
PR: **DE3705900** 24.02.1987;
FP: 01.09.1988
UP: 30.01.1990

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 37 05 900 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 37 05 900.9
㉑ Anmeldetag: 24. 2. 87
㉒ Offenlegungstag: 1. 9. 88

⑤ Int. Cl. 4:
G01D 18/00

// G01L 9/00,
G01K 7/00,
G01L 27/00,
G01K 15/00

DE 37 05 900 A 1

㉑ Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉒ Erfinder:

Breimesser, Fritz, 8500 Nürnberg, DE

⑤ Verfahren zur Selbstüberwachung von Meßwertaufnehmern

Die bekannten Verfahren zur Selbstüberwachung von Meßwertaufnehmern, die einer Kalibrierung des Aufnehmers weitestgehend nahekommen, erfordern eine physikalische Auftrennung der Meßkette, d. h. eine Abkopplung des Meßwertaufnehmers von der zu messenden physikalischen Größe. Das neue Verfahren soll eine Überwachung des Meßwertaufnehmers während seines Betriebs ermöglichen. Mit Hilfe eines geeigneten Aktors wird die physikalische Meßgröße mit wenigstens einem vorgegebenen Betrag h_i moduliert. Die zu den einzelnen Modulationsbeträgen gehörenden Meßsignale y_i werden ermittelt und zur Überwachung bzw. Kalibrierung des Meßwertaufnehmers herangezogen.

Selbstüberwachung und Selbstkalibrierung von Meßwertaufnehmern.

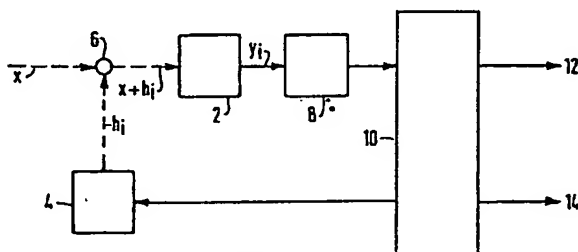


FIG 1

DE 37 05 900 A 1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Selbstüberwachung von Meßwertaufnehmern zum Messen des wahren Wertes X_0 einer physikalischen Meßgröße, bei dem das zu wenigstens einem vorgegebenen Kalibrierwert zugehörige Meßsignal y_i ermittelt und gespeichert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kalibrierwert durch eine Modulation der physikalischen Meßgröße am Eingang des Meßwertaufnehmers mit wenigstens einem vorgegebenen Betrag h_i gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
 - a) der Meßwertaufnehmer wird in einem Meßbereich betrieben, in dem seine Kennlinie wenigstens annähernd durch eine Funktion $y = f(a_j, x)$ dargestellt werden kann, wobei mit x ein möglicher Wert der Meßgröße und mit a_j die unbekannten Parameter der Funktion bezeichnet werden, die
 - a1) zusammen mit den Meßsignalen y_i und den zugehörigen vorbestimmten Beträgen h_i ein Gleichungssystem

$$g_i(a_j, x_0) = f_i(x_0 + h_i) - y_i = 0,$$
 ergibt,
 - a2) dessen Anzahl n der Gleichungen um 1 größer ist als die Anzahl der ungekannten Parameter a_j und
 - a3) dessen Funktionaldeterminante

$$\frac{D(g_i)}{D(a_j, x_0)} \neq 0$$
 ist,
 - b) der wahre Wert x_0 der Meßgröße wird durch Auflösen des Gleichungssystems $g_i(a_j, x_0) = 0$ ermittelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine symmetrische Modulation der Meßgröße.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gleichung $g_0(a_j, x_0)$ des Gleichungssystems $g_i(a_j, x_0)$ aus der Messung der unmodulierten Meßgröße abgeleitet wird.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Selbstüberwachung von Meßwertaufnehmern gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Zur Steuerung und Überwachung physikalischer Meßgrößen werden in der modernen Meß- und Automatisierungstechnik in zunehmendem Maße Aufnehmer oder Sensoren eingesetzt, die eine physikalische Meßgröße, wie z. B. den Druck oder die Temperatur in ein elektrisches Signal umwandeln, das in nachfolgenden elektronischen Prozessschritten weiterverarbeitet werden kann. Dabei entsteht ein zunehmender Bedarf an Aufnehmern und nachgeschalteten Signalverarbeitungssystemen, die in der Lage sind auftretende Fehlfunktionen des Aufnehmers selbst zu erkennen und deren Auswirkung weitgehend zu reduzieren. Derartige Fehlfunktionen können durch den Aufnehmer selbst, beispielsweise durch eine Veränderung seiner Empfindlichkeit und seines Nullpunkts, verursacht sein. Eine wichtige Fehlerquelle kann jedoch auch in der Ankopplung des Aufnehmers an die physikalische Meßgröße liegen. Eine Überwachung auf Fehlfunktionen der gesamten Meßkette, die den Aufnehmer und die nachgeordneten Signalverarbeitungssysteme beinhaltet, ist dabei um so vorteilhafter, je näher sie am Eingang der gesamten Meßkette eingreift.

Aus der DE-AS-24 37 438 ist beispielsweise ein Verfahren zur Steigerung der Genauigkeit analoger Meßvorgänge bekannt, bei dem am Eingang einer analogen Meßkette nacheinander mindestens zwei genau bekannte Kalibrierwerte angelegt werden. Diese werden über die Meßkette einem digitalen System zugeführt und dort in digitaler Form gespeichert. Mit diesen Kalibrierwerten, die vorzugsweise in Form der zu messenden physikalischen Größe am Eingang des Meßwertaufnehmers der Meßkette eingegeben werden, können die Übertragungseigenschaften der gesamten analogen Meßkette charakterisiert werden. Damit ist eine genaue Zuordnung definierter physikalischer Werte zu den beim Meßvorgang gespeicherten digitalen Meßsignalen möglich. Am Eingang der Meßkette sind dazu wenigstens zwei Kalibrierwerte anzulegen, von denen der eine Kalibrierwert zweckmäßigerweise dem unbelasteten Zustand und der andere dem Vollausschlag des Meßwertaufnehmers entspricht. Zur Erfassung von Linearitätsfehlern ist zusätzlich die Speicherung mehrerer Kalibrierwerte vorgesehen.

Zur Durchführung dieses Verfahrens ist es jedoch erforderlich, die Meßkette am Eingang des Meßwertaufnehmers physikalisch aufzutrennen, d. h. die Kopplung der Meßgröße an den Eingang des Meßwertaufnehmers muß unterbrochen werden und anstelle der zu messenden physikalischen Größe muß am Eingang des Meßwertaufnehmers eine physikalisch gleichwertige Kalibriergröße angelegt werden.

Eine derartige physikalisch aufgetrennte Meßkette ist beispielsweise aus "VDI-Bericht Nr. 566, Automatische Meßsysteme, VDI-Verlag Düsseldorf, 1985" bekannt. Dort ist auf den Seiten 361 und 362 ein induktiver Relativwegaufnehmer offenbart, der durch einen Kalibrierzusatz ergänzt ist. Der Magnetkern des induktiven Aufnehmers ist in der Tastspitze axial verschiebbar gelagert. Während des normalen Meßvorgangs wird er durch einen Permanentmagneten gegenüber der Tastspitze fixiert. Zum Kalibrieren wird die Magnetspule erregt und der

Magnetkern axial an den Anschlag gezogen. Der bekannte Verschiebeweg liefert der Meßkette ein Sprungsignal, das bei linearer Kennlinie des Aufnehmers den Übertragungsfaktor in mV/mm angibt.

Die physikalische Auftrennung der Meßkette durch ein Entkoppeln des Meßwertaufnehmers von der zu messenden physikalischen Größe erfordert jedoch einen erhöhten konstruktiven Aufwand. Außerdem besteht während der Zeitdauer des Kalibriervorgangs kein Zugriff zur eigentlich zu messenden physikalischen Größe und die Ankopplung des Meßwertaufnehmers an die physikalische Meßgröße kann nicht überwacht werden.

In "Chohan, R. K.; Abdullah, F., Transducer Tempcon Conf. Papers, Tavistock 1983, Seiten 1 bis 10" ist ein Verfahren zur Selbstüberwachung eines Temperatursensors offenbart, bei dem die Kopplung des Sensors an die zu messende physikalische Größe auch während des Überwachungsvorgangs aufrechterhalten bleibt. Durch kurzzeitige Erhöhung des Stromes durch den Temperatursensor auf ein Vielfaches des Normalwertes wird der Temperatursensor lokal aufgeheizt und das dynamische Verhalten des Meßsignals vermittelt Informationen über den Sensor und seine thermische Ankopplung an das zu messende Medium. Eine quantitative Bestimmung der Empfindlichkeit des Sensors ist mit diesem Verfahren jedoch nicht möglich, da aus dem zeitlichen Verhalten des Meßsignals die Information über die Empfindlichkeit des Sensors von der Information über den thermischen Kontakt des Sensors an das ihn umgebende Medium nicht getrennt werden kann.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Selbstüberwachung von Meßwertaufnehmern anzugeben, das bei physikalisch nicht aufgetrennter Meßkette eine Selbstüberwachung des Meßwertaufnehmers ermöglicht, die einer quantitativen Kalibrierung weitestgehend nahekommt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Durch eine Modulation der physikalischen Meßgröße können die Eigenschaften der wahren Kennlinie des Meßwertaufnehmers in der Umgebung des wahren Wertes der physikalischen Meßgröße während des Betriebs des Meßwertaufnehmers untersucht werden. So kann beispielsweise durch einen einzigen zusätzlichen Modulationsschritt bzw. zwei Modulationsschritte, wenn die Messung der unmodulierten Meßgröße als erster Modulationsschritt gezählt wird, das Steigungsverhalten der Kennlinie, d. h. die Empfindlichkeit des Meßwertaufnehmers ermittelt werden. Diese Information reicht in vielen Fällen bereits aus, eine Aussage über die Zuverlässigkeit der Meßwerte treffen zu können. Bei Aufnehmern mit linearer Kennlinie kann beispielsweise mittels eines einzigen Modulationsschrittes bereits die Steigung der Kennlinie quantitativ bestimmt werden.

Bei der vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 2 ist die funktionale mathematische Gestalt der Kennlinie bis auf die Parameter bekannt und mit Hilfe dieses Verfahrens können sowohl der wahre Wert der Meßgröße als auch die Parameter der Kennlinie durch Modulation der Meßgröße ermittelt werden. Damit läßt sich die Kennlinie des Aufnehmers im dynamischen Betrieb ermitteln und eine physikalische Auftrennung der Meßkette ist nicht erforderlich. Die Anzahl der notwendigen Modulationsschritte wird durch die Anzahl der für die Beschreibung der Kennlinie des Aufnehmers notwendigen Parameter festgelegt. Voraussetzung für die Durchführbarkeit des Verfahrens ist dabei, daß die Fehlerquellen die mathematische Grundstruktur der Kennlinie unverändert lassen.

Besonders vorteilhaft ist dabei ein Verfahren, bei dem die Modulation symmetrisch, beispielsweise in Form einer Schwingung oder mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Schwingungen mit unterschiedlichen Amplituden um den Betrag der Meßgröße herum erfolgt.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung verwiesen, in deren

Fig. 1 das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Blockschaltbildes veranschaulicht ist. In

Fig. 2 ist ein Beispiel zweier Kennlinien eines Meßwertaufnehmers unter verschiedenen Betriebsbedingungen in einem Diagramm aufgetragen und in

Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines Meßwertaufnehmers zur Druckmessung, der zur Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist, schematisch dargestellt.

Gemäß Fig. 1 ist einem Meßwertaufnehmer 2 zur Erfassung des Wertes x_0 einer Meßgröße ein Aktor 4 zugeordnet, der der Meßgröße an einem Überlagerungsort 6 eine Modulationsgröße h_1 additiv überlagert. Der Überlagerungsort 6 befindet sich am Eingang des Meßwertaufnehmers 2. Der Meßwertaufnehmer 2 setzt die durch additive Überlagerung entstandene modulierte Meßgröße, deren Wert $x + h_1$ beträgt, in das Meßsignal y ; beispielsweise in Form eines elektrischen Signals, beispielsweise einer Analogspannung, um, die dann in einem Analog-Digital-Wandler 8 digitalisiert und einer Auswerte- und Steuereinheit 10 zugeführt wird. Die Auswerte- und Steuereinheit 10 führt die erforderliche mathematische Auswertung der Meßsignale durch und stellt Steuersignale für den Aktor 4 bereit, die den zeitlichen Ablauf der erforderlichen Modulationsschritte und der zugehörigen Modulationsamplituden regeln. Die Auswerte- und Steuereinheit 10 ist noch mit einem analogen oder digitalen Ausgang 12 zur Darstellung des Meßwertes x und mit weiteren Ausgängen 14 für Statussignale versehen, die den Betriebszustand des Meßwertaufnehmers 2 charakterisieren.

In Fig. 2 ist das Meßsignal y am Ausgang eines Meßwertaufnehmers gegen x aufgetragen, wobei x ein möglicher Wert der physikalischen Größe ist. Die Meßgröße kann beispielsweise eine mechanische Größe, beispielsweise ein Druck, oder eine optische Größe, beispielsweise ein Lichtstrom, oder eine elektrische Größe, beispielsweise ein Magnetfeld sein. In der Figur sind zwei Kennlinien 30 und 32 dargestellt, von denen sich beispielsweise die Kennlinie 30 bei der Kalibrierung des Meßwertaufnehmers ergeben hat. Die Kennlinie 32 stellt die aktuelle Kennlinie des Meßwertaufnehmers dar, die sich im Laufe des Betriebs beispielsweise durch Nullpunktdrift und Empfindlichkeitsänderung ergeben hat. Am Meßwertaufnehmer liegt beispielsweise der wahre Wert x_0 der Meßgröße x an und führt zum Meßsignal y_0 am Ausgang des Meßwertaufnehmers. Wird bei der Ermittlung des Wertes x die Kennlinie 30 zugrundegelegt, so entspricht das Meßsignal y_0 einem Meßwert $x_0^* \neq x_0$. Wird nun das Verhalten des Meßwertaufnehmers in der Umgebung von x_0 untersucht, indem der Meßgröße additiv und zeitlich nacheinander ein bekannter Betrag h_2 überlagert und das entsprechende Meßsignal ermittelt wird, so ist im Beispiel der Figur zu erkennen, daß die auf der Grundlage der Kennlinie 30 ermittelte Differenz $x_2^* - x_0^*$ mit der wahren Differenz $x_0 + h_2 - x_0 = h_2$ nicht übereinstimmt, da die Kennli-

- nie 30 im Bereich um y_0 steiler verläuft als die Kennlinie 32. Diese Information reicht bereits aus, eine Aussage darüber zu treffen, ob eine unzufällige Fehlfunktion des Meßwertaufnehmers vorliegt. Im Falle eines Meßwertaufnehmers mit linearer Kennlinie kann die Empfindlichkeit unter Zuhilfenahme des Meßwertes der unmodulierten Meßgröße mittels eines einzigen Modulationsschrittes ermittelt werden. Stehen zusätzliche Informationen über die Lage des Nullpunktes, beispielsweise aus vorherigen Meßpausen, zur Verfügung, dann kann die wahre lineare Kennlinie vollständig reproduziert werden. Eine vollständige Reproduktion der wahren Kennlinie eines Meßwertaufnehmers nur durch Modulation der Meßgröße ist jedoch nur möglich, wenn die Kennlinien 30 und 32 bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Eine Voraussetzung dafür ist, daß sich die Kennlinien 30 und 32 durch eine gemeinsame mathematische Funktion $y = f(a_j, x)$ beschreiben lassen, wobei den verschiedenen Kennlinien jeweils unterschiedliche Parametersätze a_j zugeordnet sind. Jede Modulation des wahren Wertes x_0 der Meßgröße um den Betrag h_i führt zu einer Gleichung der Gestalt

$$y_j = f(a_j, x_0 + h_j)$$

- so daß ein Gleichungssystem

$$\begin{aligned} g_0(a_j, x_0) &= f(a_j, x_0 + h_0) - y_0 = 0, \\ g_1(a_j, x_0) &= f(a_j, x_0 + h_1) - y_1 = 0, \end{aligned}$$

20

$$g_{n-1}(a_j, x_0) = f(a_j, x_0 + h_{n-1}) - y_{n-1} = 0,$$

- entsteht. Die unbekannten Größen dieses Gleichungssystems sind die Parameter a_j und der wahre Wert x_0 der Meßgröße. Um das Gleichungssystem lösen zu können, muß die Anzahl n der Gleichungen dieses Gleichungssystems um 1 größer sein als die Anzahl der Parameter a_j . Unter den Parametern a_j sind dabei die für die Beschreibung der Kennlinie erforderlichen ungekannten Parameter zu verstehen. Ist beispielsweise bei Meßwertaufnehmern mit linearer Kennlinie die Lage des Nullpunktes a_0 bekannt, so enthält die Kennlinienfunktion $f(a_j, x_0) = a_0 + a_1 x$ nur einen einzigen unbekannten Parameter a_1 , nämlich die Steigung a_1 der Kennlinie. Zur Lösung des Gleichungssystems sind somit entsprechend der Anzahl der Unbekannten wenigstens n Meßschritte mit n unterschiedlichen Modulationsbeträgen h_0, h_1, \dots, h_{n-1} erforderlich. Bei der Durchführung des Verfahrens ist es vorteilhaft $h_0 = 0$ zu wählen und die Modulation der Meßgröße in Gestalt einer symmetrischen Schwingung um x_0 durchzuführen. Einer gegebenen Schwingungsamplitude entsprechen dann zwei Beträge h_{i1} und h_{i2} , die sich lediglich im Vorzeichen unterscheiden $|h_{i1}| = |h_{i2}|$.

- Das Gleichungssystem $g_i(a_j, x_0 + h_j)$ hat dann eine eindeutige Lösung, wenn für die zugehörige Funktionaldeterminante folgende Beziehung

$$\frac{D(g_i)}{D(a_j, x_0)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial g_0}{\partial a_0} & \frac{\partial g_0}{\partial a_1} & \frac{\partial g_0}{\partial a_{n-2}} & \frac{\partial g_0}{\partial x_0} \\ \frac{\partial g_1}{\partial a_0} & \frac{\partial g_1}{\partial a_1} & \frac{\partial g_1}{\partial a_{n-2}} & \frac{\partial g_1}{\partial x_0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial g_{n-1}}{\partial a_0} & \dots & \dots & \frac{\partial g_{n-1}}{\partial x_0} \end{vmatrix} \neq 0$$

- erfüllt ist. Die Bedingung bewirkt, daß nicht jede beliebige Kennlinienfunktion $y = f(a_j, x)$ zu einem lösaren Gleichungssystem $g_i(a_j, x_0)$ führt. Beispielsweise erfüllt die lineare Kennlinienfunktion $y = a_0 + a_1 x$ für die beiden ungekannten Parameter a_0 und a_1 diese Bedingung nicht. Die zu dieser Kennlinienfunktion gehörende Funktionaldeterminante verschwindet.

$$\frac{D(g_0, g_1, g_2)}{D(a_0, a_1, x_0)} = \begin{vmatrix} 1 & x_0 + h_0 & a_1 \\ 1 & x_0 + h_1 & a_1 \\ 1 & x_0 + h_2 & a_1 \end{vmatrix} = 0.$$

- Somit können in diesem Fall die Parameter a_0 und a_1 sowie der wahre Wert x_0 der Meßgröße nicht gemeinsam bestimmt werden. Zwar läßt sich die Empfindlichkeit a_1 des Aufnehmers mit Hilfe zweier Modulationsschritte berechnen, jedoch kann über die Nullpunktdrift, die sich im Parameter a_0 widerspiegelt und somit über wahren Wert x_0 der Meßgröße keine Aussage gemacht werden. Ist der Parameter a_0 beispielsweise aus vorangegangenen Meßpausen bekannt, so reduziert sich die Anzahl der unbekannten Parameter um eins und das zugrundelie-

gende Gleichungssystem führt zu einer nichtverschwindenden Funktionaldeterminante

$$\frac{D(g_0, g_1)}{D(a_1, x_0)} = \begin{vmatrix} x_0 + h_0 & a_1 \\ x_0 + h_1 & a_1 \end{vmatrix} \neq 0.$$

5

Auch ein Meßwertaufnehmer mit einer Kennlinie gemäß $y = a_0 + a_1 + a_2 x^2$ ist zur Durchführung des Verfahrens nicht geeignet, da die zu dieser Kennlinie gehörende Funktionaldeterminante im allgemeinen Fall mit 3 unbekannten Parametern ebenfalls verschwindet. Geeignete Aufnehmerkennlinien sind jedoch beispielsweise die Funktionen

$$\begin{aligned} y &= a_0 + a_2 x^2 \\ y &= a_0 + a_1 x + a_2 \sqrt{x} \\ y &= a_0 + a_2/x. \end{aligned}$$

15

Zur Durchführung des Verfahrens sind somit nur Meßwertaufnehmer geeignet, deren Kennlinie durch eine Funktion $y = f(a_j, x)$ dargestellt werden kann, die zu einem Gleichungssystem $g(a_j, x_0)$ mit den Unbekannten a_j, x_0 führt, dessen Funktionaldeterminante nicht verschwindet. Die Anforderungen an die Kennlinie des Meßwertaufnehmers sind dabei so zu verstehen, daß diejenigen Anteile seiner Kennlinienfunktion, die im strengen mathematischen Sinn zur Unlösbarkeit des Gleichungssystems g_j führen würden, entweder bekannt oder gegenüber den anderen Anteilen vernachlässigbar sind. Im Falle eines Meßwertaufnehmers, dessen Kennlinie mit einer quadratischen Funktion $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$ dargestellt werden kann, bedeutet dies, daß entweder der lineare Anteil $a_1 x$ gegenüber dem reinen quadratischen Anteil $a_0 + a_2 x^2$ in der Praxis vernachlässigbar ist oder als bekannt mit unveränderlichem Parameter a_1 vorausgesetzt werden kann. Eine weitere Voraussetzung des Verfahrens ist auch, daß die funktionale Gestalt der Kennlinie des Meßwertaufnehmers während des Betriebes des Meßwertaufnehmers nicht ändert, so daß sich beispielsweise Nullpunktdrift und Empfindlichkeitsänderung des Meßwertaufnehmers nur in einer Änderung des Parametersatzes a_j äußert. Diese für den Meßwertaufnehmer typische funktionale Gestalt ist zusammen mit einem geeigneten Algorithmus zur Lösung des zugehörigen Gleichungssystems in der Auswerte- und Steuereinheit 16 (Fig. 1), die beispielsweise einen Mikroprozessor enthalten kann, gespeichert.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 handelt es sich um einen piezoelektrischen Differenzdruck-Aufnehmer mit einer Membran 40, die in einem Gehäuse 42 des Druckaufnehmers angeordnet ist und die einen hohlen Innenraum 44 des Gehäuses in eine Druckkammer 46 und eine Referenzkammer 48 unterteilt. Druckkammer 46 und Referenzkammer 48 sind gegeneinander dicht verschlossen. Die Druckkammer 46 und die Referenzkammer 48 sind jeweils mit einem Druckkanal 47 bzw. 49 versehen, der mit dem Meßmedium beispielsweise indirekt über eine Vorlegemembran verbunden ist. Die Druckkammer 46 und die Referenzkammer 48 sowie die zugehörigen Druckkanäle 47 bzw. 49 sind bis zur Vorlegemembran mit einem wenigstens annähernd fluiden inkompressiblen Medium 62 beispielsweise mit Silikonöl, gefüllt. Die Membran 40 besteht vorzugsweise aus Silizium und ist beispielsweise mit einer piezoelektrischen Widerstandsbrücke versehen, die über die elektrischen Anschlüsse 52 mit Spannung bzw. Strom versorgt wird. In der Referenzkammer 48 befindet sich außerdem ein Piezoelement 54, das mit elektrischen Anschlüssen 56 versehen ist. Die elektrischen Anschlüsse 52 und 56 sind aus der Druckkammer 46 bzw. aus der Referenzkammer 48 gasdicht mittels elektrischer Durchführungen 58 bzw. 60 herausgeführt. Das Piezoelement 54 besteht beispielsweise aus einer Piezokeramik. Ein derartiges Piezoelement 54 mit einer Fläche von beispielsweise etwa 10 mm² und einer Dicke von etwa 1 mm liefert bei einer Anregungsspannung von beispielsweise etwa 100 V bei hydrostatischer Belastung eine Blockierkraft von etwa 30 N. Die entsprechende Druckerhöhung in der Referenzkammer beträgt dann etwa 3×10^6 Pa. Diese hydrostatische Druckerhöhung in der Referenzkammer 48 wird sich dann einstellen, wenn man für schnelle Modulationsvorgänge den Druckausgleich über die an den Druckkanal 49 anschließende Vorlegemembran vernachlässigen kann. Der Meßbereich des Differenzdruckaufnehmers ist dabei so auszulegen, daß er im nichtlinearen Bereich seiner Kennlinie betrieben wird.

55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/2

3705900

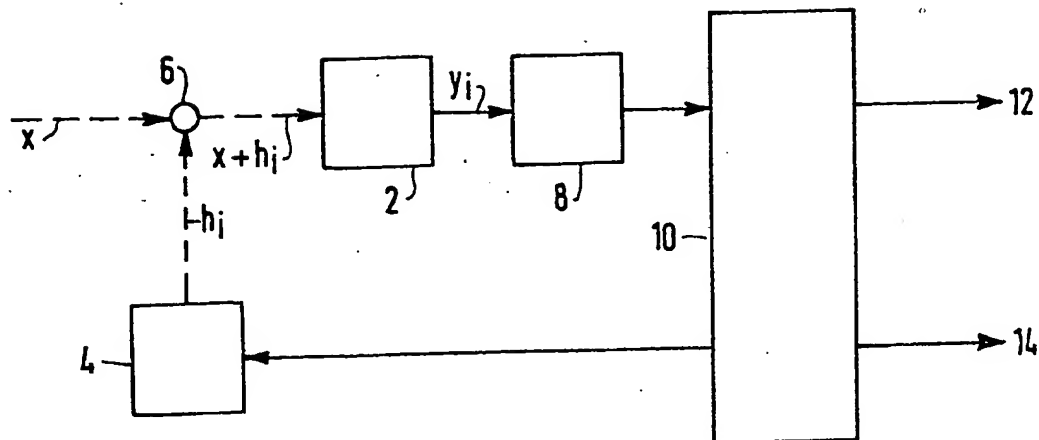


FIG 1

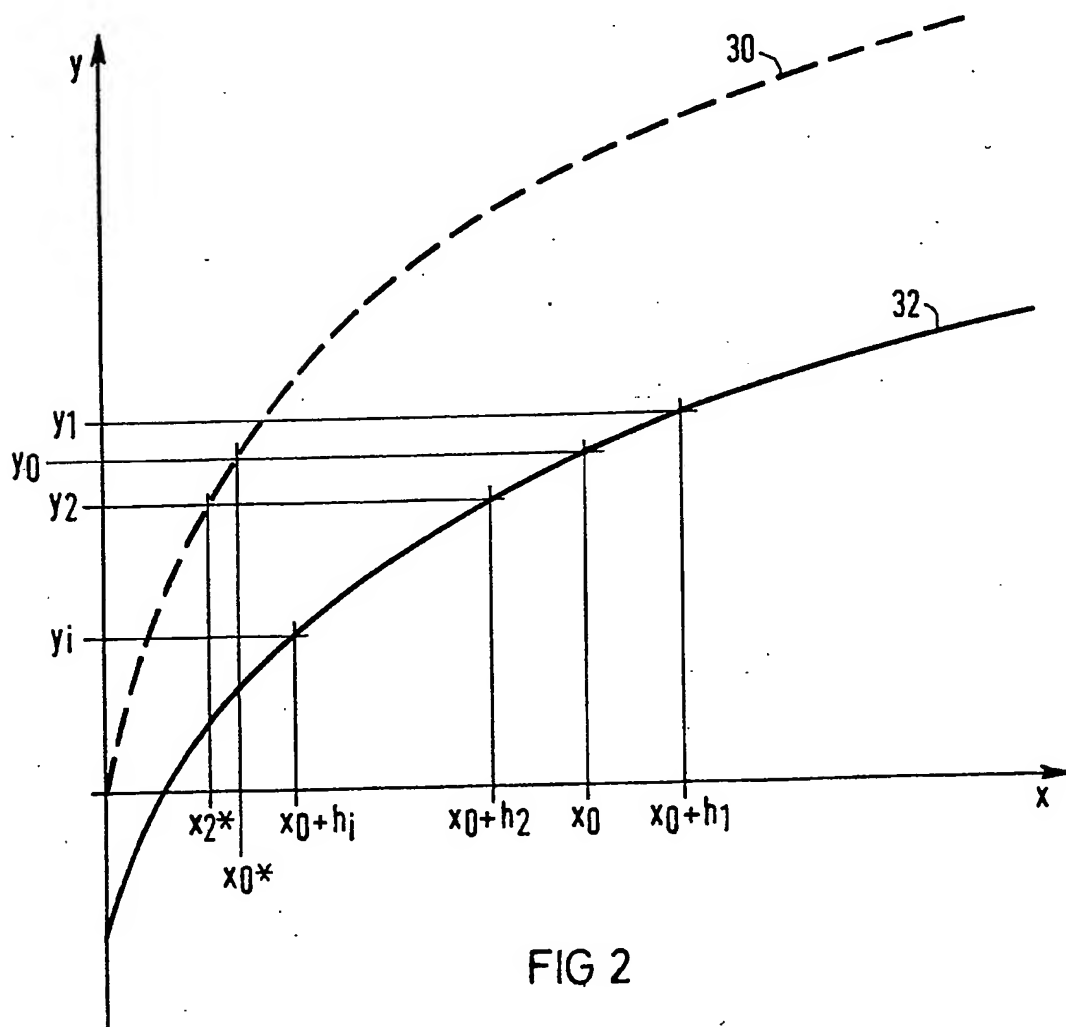


FIG 2

2/2

3705900

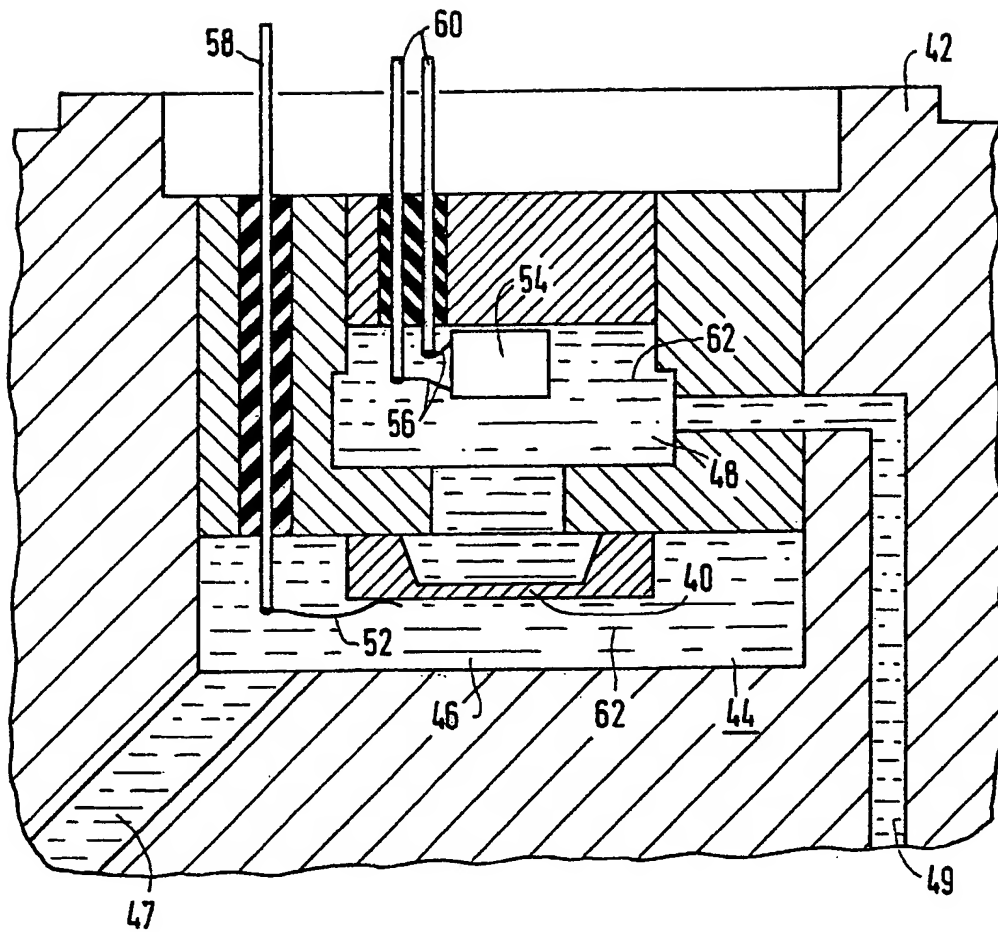


FIG 3

ORIGINAL INSPECTED